

**Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan**Available online <http://jstl.unram.ac.id>

ISSN :2477-0329, e-ISSN : 2477-0310

Terakreditasi Kemenristek-DIKTI SINTA 4

Nomor: 28/E/KPT/2019

Vol. 7 No.1 pp:59-68

Juni2021

DOI<https://doi.org/10.29303/jstl.v7i1.215>*Research Articles*

Pengolahan Tanah Tercemar Logam Berat Pb dan Cd Menggunakan Biochar Sekam Padi dengan Variasi Ukuran Partikel

Management of Heavy Metal Pb and Cd Contaminated Soil Using Rice Husk Biochar with Variation of Particle Size

Harsena Hayas Fika¹, Shinta Elystia^{2*}, dan Aryo Sasmita³

Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

**corresponding author, email: shintaelystia@yahoo.com*

Manuscript received: 04-03-2021. Accepted: 03-05-2021

ABSTRAK

Pencemaran tanah oleh logam berat timbal (Pb) dan cadmium (Cd) merupakan salah satu bentuk pencemaran yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Salah satu upaya pengolahan tanah tercemar adalah dengan metode remediasi menggunakan biochar dari sekam padi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi ukuran partikel biochar terhadap penyisihan logam berat Pb dan Cd pada tanah tercemar. Biochar dibuat dengan alat pirolisis dengan suhu 500 °C selama 1 jam dan mengalirkan gas N₂ sebanyak 0.1 L/menit. Penelitian ini menggunakan variasi ukuran partikel biochar 100 mesh, 60 mesh, 40 mesh dan waktu pengujian setiap 10 hari selama 1 bulan. Hasil penelitian ini yaitu penyisihan logam Pb dan Cd tertinggi pada penambahan biochar dengan ukuran partikel 100 mesh yaitu dengan konsentrasi Pb sebesar 91,32 mg/kg dan efisiensi penyisihan 54,05% ; Konsentrasi Cd sebesar 10,47 mg/kg dan efisiensi penyisihan 47,36%. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dinyatakan bahwa semakin kecil ukuran partikel biochar, efisiensi penyisihan logam berat akan semakin meningkat.

Kata kunci : Biochar; sekam padi; logam berat; ukuran partikel

ABSTRACT

Soil contamination by heavy metals lead (Pb) and cadmium (Cd) is a form of pollution that is very dangerous for living things. One of the efforts to cultivate polluted soil is the remediation method using biochar from rice husks. The purpose of this study was to analyze the effect of biochar particle size variations on the removal of heavy metals Pb and Cd on contaminated soil. Biochar is made by pyrolysis at 500 °C for 1 hour and flows 0.1 L / minute of N₂ gas. This study used a variety of biochar particle sizes of 100 mesh, 60 mesh, 40 mesh and testing time every 10 days for 1 month. The results

of this study were the highest Pb and Cd removal in the addition of biochar with a particle size of 100 mesh, namely with a Pb concentration of 91.32 mg / kg and a removal efficiency of 54.05% ; Cd concentration of 10.47 mg / kg and a removal efficiency of 47.36%. Based on the results obtained, it can be stated that the smaller the biochar particle size, the efficiency of heavy metal removal will increase.

Keywords : Biochar; rice hus; heavy metals; particle size

PENDAHULUAN

Tanah tidak hanya berfungsi sebagai tempat tumbuhnya tanaman, penyedia unsur hara, tetapi juga berfungsi sebagai salah satu bagian dari ekosistem. Tanah merupakan salah satu sumber daya yang berperan penting terhadap keberlangsungan hidup organisme. Apabila penurunan fungsi tanah terjadi maka akan berdampak terhadap makhluk hidup disekitarnya terutama manusia (Affan, 2014).

Pencemaran tanah dapat terjadi apabila limbah dibuang langsung ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan. Salah satu bahan pencemar yang menjadi indikator untuk mendeteksi terjadinya pencemaran tanah adalah cemaran logam berat di dalamnya. Beberapa jenis logam berat yang merupakan bahan pencemar tanah adalah Timbal (Pb), Kromium (Cr), Arsenik (As), Seng (Zn), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu) Merkuri (Hg), Dan Nikel (Ni) (Adelia, 2004).

Salah satu logam berat yang dapat berpotensi menjadi racun jika berada dalam tanah dengan konsentrasi berlebih adalah Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd). Logam Pb dan Cd yang mencemari tanah dapat berasal dari kegiatan industri pembuatan bahan peledak, pateri, pigmen, pembungkus kabel, cat anti karat, lempengan baterai, pelapisan logam, aki, serta penggunaan pupuk fosfat dalam bidang pertanian (Juhaeti dkk, 2004).

Biochar atau biasa disebut arang adalah produk yang dihasilkan ketika limbah biomassa dipanaskan tanpa udara atau dengan udara yang sangat sedikit. Di Indonesia potensi penggunaan biochar cukup besar, bahan baku pembuatan biochar seperti tempurung kelapa, residu kayu, kulit buah kakao, tongkol jagung, sekam padi, dan lain sejenisnya (Nurida, 2014).

Menurut Krishnaro (2000) secara global sekitar 600 juta ton beras dari padi diproduksi tiap tahunnya. Menurut Kementrian Republik Indonesia (2019) produksi gabah kering giling di Indonesia pada tahun 2018 yaitu sebesar 83,04 juta ton. Potensi produksi sekam adalah 16-21% dari berat bersih beras yang dihasilkan (Syuhadah, 2012).

Komposisi bahan kimia sekam padi terdiri dari atas 45% – 50% selulosa, 25% - 30% lignin, dan 15% - 20% silika (Prabawati dkk, 2008). Potensi komposisi bahan kimia, nutrisi dan karbon organik menjadikan sekam padi sebagai bahan baku yang berpotensi untuk dijadikan biochar dalam pembenahan tanah yang tercemar oleh logam berat (Komarek, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk pengujian karakteristik biochar apakah sudah sesuai dengan SNI 06-3730-1995 tentang persyaratan arang aktif dan menganalisis pengaruh variasi ukuran partikel biochar terhadap efisiensi penyisihan logam berat Pb dan Cd pada tanah tercemar.

BAHAN DAN METODE

Alat dan bahan

Penelitian ini menggunakan alat pirolisator, gelas plastik ukuran tinggi 13.9 cm dan diameter 9.8 cm, timbangan analitik, pH meter, *soil* meter dan ayakan ukuran 100 mesh, 60 mesh, 40 mesh. Bahan yang digunakan adalah tanah, sekam padi, gas nitrogen, air bersih dan akuades.

Metode

Sampel tanah sebanyak 200 gram di tempatkan di dalam gelas plastik dengan ukuran tinggi 13,9 cm dan diameter 9,8 cm. Pada penelitian ini ukuran partikel biochar 100 mesh, 60 mesh 40 mesh. Dilakukan pengukuran kelembapan menggunakan *soil* meter dan pengujian pH menggunakan alat pH meter setiap hari selama penelitian.

Pembuatan Sampel Tanah Tercemar Logam Berat Pb dan Cd

Sampel tanah yang akan digunakan sebagai tanah artifisial di ayak dengan saringan 100 mesh (0.149 mm). Tanah ukuran 100 mesh dicemari dengan penambahan larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dan CdCl_2 yang disemprotkan ke tanah kemudian dilakukan pengadukan agar proses penyebaran terjadi secara merata (Alaboudi, 2019). Tanah dibuat agar konsentrasi logam berat menjadi Pb 200 mgkg^{-1} dan Cd 20 mgkg^{-1} .

Pembuatan Biochar

Sekam padi yang telah dicuci dan dikeringkan dengan oven selama 1 jam dengan suhu 105 °C (Ahiduzzahman, 2016), kemudian dibakar menggunakan alat pirolisis dengan suhu 500 °C selama 1 jam (Shi dkk, 2019). Selama pembakaran dengan alat pirolisis dialiri gas N_2 sebanyak 0.1 L/menit (Penido, 2019). Biochar yang dihasilkan kemudian dianalisis kadar air, kadar abu, kadar volatil dan kadar karbon. Selanjutnya biochar di ayak dengan variasi ukuran partikel 100 mesh, 60 mesh dan 40 mesh.

Analisis dan Pengolahan Data

Pengujian proksimat dengan parameter kadar air, kadar abu, kadar volatil, kadar *fixed carbon* menggunakan metode analisis ASTM dan hasilnya dibandingkan dengan SNI 06-3730-1995 tentang persyaratan arang aktif. Konsentrasi logam berat Pb dan Cd ditanah dianalisis menggunakan metode Spektrofotometri Serapan atom (SSA) sesuai dengan SNI 13-6974-2003. Data yang diperoleh dimasukkan ke dalam tabel menggunakan *software microsoft excel* untuk selanjutnya di plot ke dalam grafik penyisihan logam berat Pb dan Cd terhadap variasi ukuran partikel biochar. Untuk mengetahui perentase penyisihan logam berat Pb dan Cd dapat dilihat dari hasil perhitungan dengan rumus berikut:

$$\text{Effisiensi penyisihan (\%)} = \frac{(\text{Co}-\text{Ce})}{\text{Co}} \times 100 \%$$

Keterangan:

Co = Konsentrasi awal parameter (mgkg^{-1})

Ce = Konsentrasi akhir parameter (mgkg^{-1})

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sampel Tanah Awal

Sampel yang digunakan pada penelitian ini memiliki karakteristik yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik Sampel Tanah Awal

Parameter	Hasil Pengukuran*	Literatur**	Satuan
Pb (Timbal)	198,75	100	mgkg ⁻¹
Cd (Cadmium)	19,89	0,5	mgkg ⁻¹

Sumber: *Hasil Uji UPT Pengujian Bahan Konstruksi, Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang, Pekanbaru, (2020).

**Ministry Of State for Polution and Environment of Indonesia, and Dalhousie University, Canada (1992).

Berdasarkan hasil uji karakteristik sampel tanah, perlu dilakukan pengkondisian sampel tanah sebagai faktor pendukung dalam proses remediasi logam berat Pb dan Cd menggunakan biochar. Pengkondisian dilakukan sesuai dengan kecocokan lingkungan biochar untuk dapat bekerja secara maksimal. Untuk kelembapan tanah menurut Alaboudi (2019) yaitu 80% yang merupakan kondisi tanah yang cocok untuk biochar dalam proses remediasi. Karena menurut menurut Abdelhafez dkk (2014) nilai kelembapan tanah dijaga untuk mendorong terjadinya reaksi dan kontak antara ion logam dan biochar. Kelembapan tanah tetap terjaga 80% dan diinkubasi dengan suhu ruangan tanpa adanya sinar matahari.

Karakterisasi Biochar dari Sekam Padi dengan Uji Proksimat

Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui kualitas biochar dari sekam padi yang dibuat apakah sudah sesuai dengan SNI 06-3730-1995 tentang persyaratan arang aktif. Hasil uji karakterisasi biochar dari sekam padi dapat dilihat pada Tabel 2.

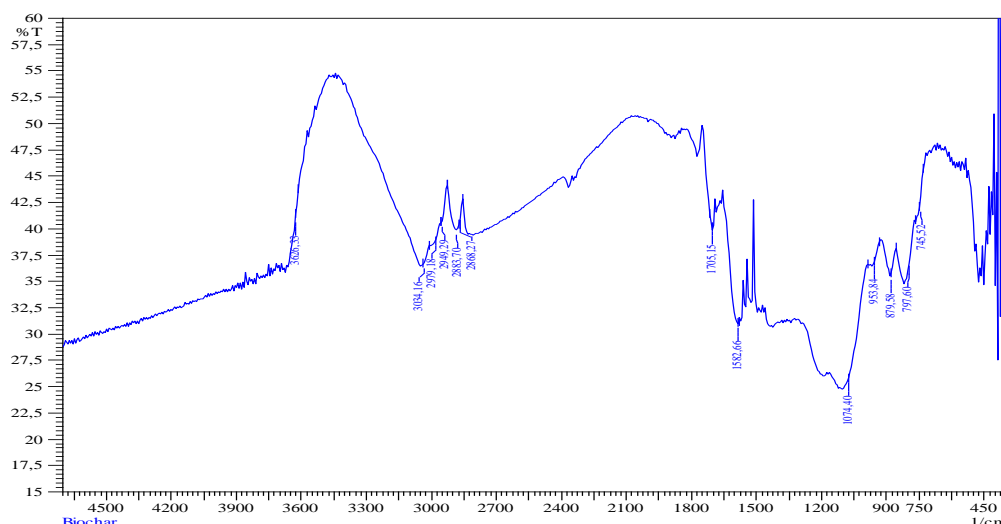
Tabel 2 Hasil Uji Karakteristik Biochar dari Sekam Padi

Parameter	Penelitian ini	Iskandar (2017)	Abdullah, dkk (2016)	SNI 06-3730-1995
Kadar Air (%)	2	6.65	4.89	Maksimum 15%
Kadar Abu (%)	9.2	22.7	15.26	Maksimum 10%
Kadar Volatil(%)	20.4	25.68	35.26	Maksimum 25%
<i>Fixed Carbon</i> (%)	68.4	62.1	44.58	Minimum 65%

Tabel 4.2 menunjukkan kadar air, kadar abu, kadar volatil, dan *fixed carbon* yang dihasilkan oleh biochar sekam padi. Pada proses pirolisis, selulosa dan lignin dalam sekam padi akan membentuk *char* dan terjadi peningkatan kadar *fixed carbon* pada biochar, ini terjadi karena pada suhu tinggi kadar volatil akan terlepas. Menurut Tan dkk (2015) kadar air, kadar abu, dan kadar volatil yang rendah dengan kandungan *fixed carbon* yang tinggi merupakan kriteria yang baik untuk produksi karbon aktif.

Karakterisasi Biochar Menggunakan Instrumen FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Karakterisasi menggunakan instrumen FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsional pembentuk senyawa (Sastrohamidjojo, 2009). Hasil FTIR tergambar dalam bentuk puncak-puncak gugus fungsi yang memiliki bilangan gelombang masing-masing. Spektrum FTIR biochar dari penelitian ini menunjukkan beberapa puncak utama yaitu pada 745.52 ; 797.60 ; 879.58 ; 953.84 ; 1074.40 ; 1582.66 ; 1705.15 ; 2868.27 ; 2883.70 ; 2949.29 ; 2979.18 ; 3034.16 ; dan 3626.33 cm^{-1} . Hasil analisis spektrum FTIR biochar sekam padi dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Hasil Analisa FTIR Biochar Sekam Padi

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kimia Fisika FMIPA Universitas Riau, 2020

Berdasarkan Gambar 1 di atas dapat dilihat adanya pita serapan yang menunjukkan vibrasi dari gugus-gugus fungsi yang terdapat pada biochar. Pada Tabel 2 dapat dilihat perbandingan hasil uji FTIR dalam penelitian ini dengan penelitian lain yang dilakukan oleh Azizi dkk (2019).

Tabel 2 Perbandingan Spektrum FTIR Biochar

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})		
	Biochar Uji*	Penelitian terdahulu**	Rentang***
O-H	3626.33	3423.89	3650-3200
O-H	2868.27	2555.48	3100-2500
C=C	1582.66	1587.23	1600-1500
C-O	1074.40	1266.97	1300-900
C-H	797.60	865.21	690-900

Sumber: * Hasil Uji FTIR, 2020

** Azizi dkk, 2019

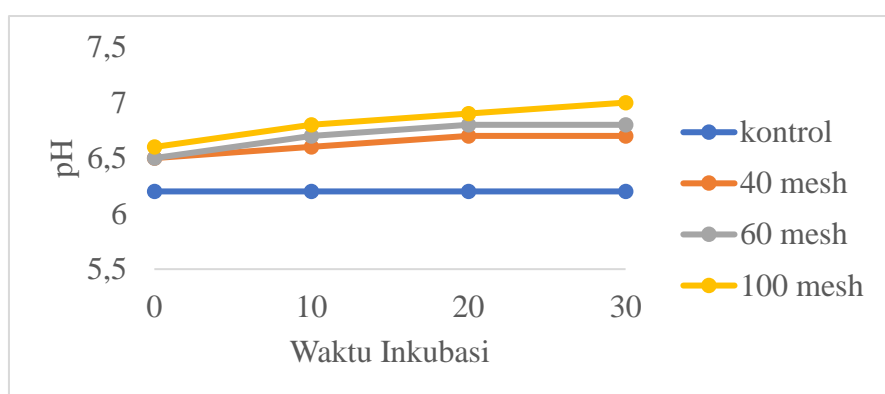
*** Pavia dkk, 2009

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa terdapat serapan pada bilangan gelombang 3626.33 cm^{-1} yang mengindikasikan gugus fungsi alkohol, bilangan gelombang 2868.27 cm^{-1} yang mengindikasikan gugus fungsi asam karboksilat, bilangan gelombang 1582.66 cm^{-1} yang mengindikasikan gugus fungsi cincin aromatik, bilangan gelombang 1074.40 cm^{-1} yang

mengindikasikan gugus fungsi eter, dan bilangan gelombang 797.60 cm^{-1} yang mengindikasikan gugus fungsi cincin aromatik. Berdasarkan hasil tabel diatas menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua spektrum, hal ini berarti secara pola serapan biochar yang digunakan pada penelitian ini sudah mendekati literatur penelitian yang dilakukan oleh Azizi dkk (2019).

Pengaruh Penambahan Biochar Sekam Padi Berdasarkan Ukuran Partikel Terhadap pH Tanah Tercemar logam Berat Pb dan Cd

Umumnya pH tanah di Indonesia bersifat asam dengan pH 4.0 – 5.5 sehingga tanah dengan pH 6.0 – 6.5 sering dikatakan cukup netral meskipun sebenarnya masih agak masam (Hardjowigeno, 2007) Hasil uji pH tanah selama 30 hari dapat dilihat pada Gambar 2.

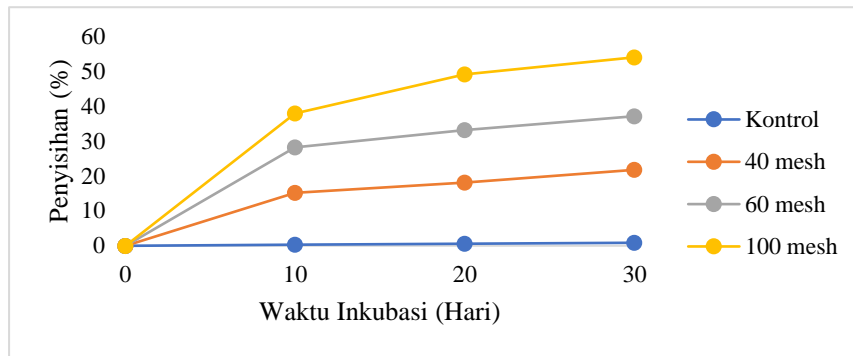


Gambar 2 Grafik Hasil Uji pH Tanah Selama 30 Hari

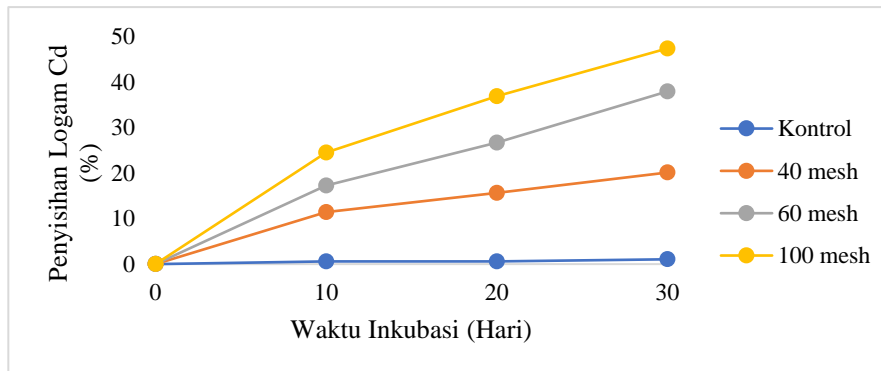
Berdasarkan grafik di atas kenaikan pH tertinggi pada penambahan biochar dengan ukuran partikel 100 mesh yaitu 7. Menurut Fahmi dkk (2018) bahwa semakin kecil ukuran partikel maka pH tanah akan semakin meningkat. Peningkatan pH dapat terjadi pada tanah karena adanya peningkatan logam alkali oksida seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} dan K^{+} di biochar yang masuk ke dalam tanah (Putri dkk, 2017). Masuknya logam alkali oksida ke dalam tanah menurut Uchimiya dkk, (2011) terjadi karena kompleksasi permukaan sebagai salah satu mekanisme penyerapan logam berat oleh biochar melalui gugus fungsi seperti ligan (misalnya, gugus karboksilat, hidroksil, dan fenolik). Dengan terbentuknya kompleks biochar-metal, maka Na^{+} , K^{+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} dan kation lainnya terlepas ke dalam tanah, sehingga menyebabkan peningkatan pH tanah. Dari hal tersebut dapat dilihat bahwa peningkatan pH akan sejalan dengan peningkatan penyerapan logam berat oleh biochar.

Pengaruh Ukuran Partikel Biochar Sekam Padi Terhadap Penyisihan Logam Berat Pb dan Cd pada Tanah Tercemar

Pengaruh penambahan dosis biochar terhadap efisiensi penyisihan logam berat Pb dan Cd pada tanah tercemar dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



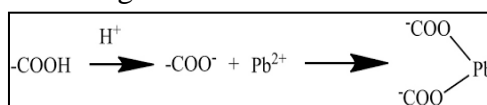
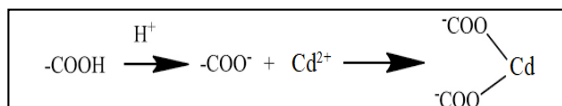
Gambar 3 Grafik Efisiensi Penyisihan Logam berat Pb dalam Tanah



Gambar 4 Grafik Efisiensi Penyisihan Logam berat Cd dalam Tanah

Penyisihan logam Pb dan Cd tertinggi pada penambahan biochar dengan ukuran partikel 100 mesh (0.149 mm) yaitu dengan konsentrasi Pb sebesar 91.32 mg/kg dan efisiensi penyisihan 54.05% ; Konsentrasi Cd sebesar 10.47 mg/kg dan efisiensi penyisihan 47.36%. Berdasarkan data hasil penurunan konsentrasi dan efisiensi logam berat Pb dan Cd di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran partikel biochar maka semakin tinggi tingkat efisiensi logam berat dalam tanah. Hal ini disebabkan karena semakin kecil ukuran diameter adsorben, berarti luas permukaan kontak adsorben biochar dengan logam berat Pb dan Cd akan semakin besar, selain itu luas permukaan juga berbanding lurus dengan banyak pori yang dimiliki per satuan partikel adsorben. Menurut Handiyatmo (1999), semakin kecil ukuran partikel adsorben maka semakin banyak adsorbat yang terserap. Hal ini disebabkan karena ukuran partikel yang kecil mempunyai tenaga inter molekuler yang lebih besar sehingga penyerapannya menjadi lebih baik.

Mekanisme penyerapan logam berat Pb dan Cd oleh biochar didominasi oleh kompleksasi dengan gugus fungsional, pertukaran kation dan presipitasi (Li dkk, 2017). penelitian Lu (2012) menyatakan bahwa kation yang terdapat pada permukaan biochar seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan bertukar dengan ion logam berat pada tanah. Pada penelitian ini hasil FTIR menunjukkan bahwa terdapat gugus fungsional karboksil $-\text{COOH}$ yang terdapat pada biochar, menurut Li dkk (2010) atom hidrogen pada gugus karboksil $-\text{COOH}$ dapat dilepaskan sebagai ion H^+ atau mengalami deprotonasi, sehingga mempunyai peluang membentuk kompleks dengan ion logam. Reaksi gugus karboksilat dengan Pb^{2+} dan Cd^{2+} disajikan sebagai berikut:



Dalam penelitian David (2013) dan Xu (2015) mempelajari pengaruh adsorpsi berbagai biochar terhadap pencemaran senyawa logam berat (Pb^{2+} , Cu^{2+} dan Zn^{2+} , Cd^{2+}) dan menunjukkan bahwa daya serap ion logam berat secara kompetitif dapat mempengaruhi hasil adsorpsi biochar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa analisa proksimat biochar dari sekam padi yang didapatkan telah memenuhi beberapa persyaratan arang aktif sesuai dengan SNI 06-3730-1995, dimana kadar air sebesar 2% ; kadar abu 9.2% ; kadar volatil 20.4% dan *fixed carbon* 68.4%. Penyisihan logam berat Pb dan Cd tertinggi pada penambahan biochar dengan ukuran partikel 100 mesh (0.149 mm) yang diinkubasi selama 30 hari yaitu dengan efisiensi penyisihan logam Pb sebesar 54.05%. dan efisiensi penyisihan logam Cd sebesar 47.36%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhafez, A.A, dkk. 2014. Feasibility of Biochar Manufactured From organic Wastes on the Stabilization of Heavy Metals in a Metal Smelter Contaminated Soil. *Chemosphere*. Vol. 117. Hal. 66–71.
- Adelia. 2004. Evaluasi Kadar Ambien Logam Berat Nikel (Ni) Dan Timbal (Pb) Dalam Tanah Sebagai Dasar Penyempurnaan Kriteria Baku Mutu Tanah Di Indonesia. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Affan, M.F. 2014. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Untuk Permukiman Dan Industri Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). *Jurnal Ilmiah Pendidikan Geografi*. Vol. 2 No.1. Hal. 49-60.
- Ahiduzzaman, M dan Islam, A. K. M. S. 2016. Preparation of Porous Bio-char and Activated Carbon from Rice Husk by Leaching Ash and Chemical Activation. *SpringerPlus*. Vol. 5. Hal. 1248
- Alaboudi, K, dkk. 2019. Effect of biochar on Pb, Cd and Cr availability and maize growth in artificial contaminated soil. *Annals of Agricultural Sciences*. Hal. 95–102

- Azizi, A. A, dkk. 2019. Pengaruh Massa Bio-Char Kayu Akasia (*Acacia Mangium*) dan Waktu Perendaman Bio-Char terhadap Adsorpsi Sebum Buatan. *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan*. Vol. 08.
- David H, dkk. 2013. Beneficial Effects of Biochar Application to Contaminated Soils on the Bioavailability of Cd, Pb and Zn and the Biomass Production of Rapeseed (*Brassica napus* L). *Biomass and Bio Energy*. Vol. 57. Hal. 196-204.
- Fahmi, A. H. dkk. 2018. Bioavailability and Leaching of Cd and Pb From Contaminated Soil Amended with Different Sizes of Biochar. *Environmental Science*.
- Handiyatmo.E.T. 1999. *Adsorpsi Polutan Komponen Ganda Senyawa Fenol (2,4 DCP dan Fenol) Dengan Zeolit*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada,
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Pustaka Jaya.
- Juhaeti, T, dkk. 2004. Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi. *Jurnal Biodiversitas*. Vol. 6 No. 1 hal 31-33.
- Komarek M, dkk. 2013. Chemical stabilization of metals and arsenic in contaminated soils using oxides a review. *Environ Pollut*. Vol. 172. Hal. 9–22
- Krishnarao R. V, dkk. 2000. Studies on the formation of black in rice husk silica ash. *J. Ceramic Society*. Vol. 21. Hal. 99 – 104.
- Li, Q, dkk. 2010. Fast Esterifikasi of Spent Grain for Enhanced Heavy Metal Ions Adsorption. *Bioresource Technology*. Vol. 101. Hal. 3796-3799
- Li, H. 2017. Mechanisms of metal sorption by biochars: Biochar characteristics and modifications. *Chemosphere*. Vol. 178. Hal. 466–478.
- Lu, H, dkk. 2012. Relative distribution of Pb²⁺ sorption mechanisms by sludge derived biochar. *Water Research*. Vol.46. Hal. 854–862.
- Ministry Of State for Population and Environment republic of Indonesia and Dalhousie University Canada, 1992. Environmental Management in Indonesia. Report on Soil Quality Standards for Indonesia (interim report).
- Nurida, N.L. 2014. Potensi Biochar untuk Rehabilitas Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*. Hal 57-68.
- Pavia, D.L, 2009. Introduction to Spectroscopy Fourth Edition, Brooks/Cole Cengage Learning, USA
- Penido, E. S, dkk. 2019. Combining biochar and sewage sludge for immobilization of heavy metals in mining soils. *Ecotoxicology and Environment Safety*. Vol. 172. Hal. 326-333.
- Prabawati, S, dkk. 2008. Teknologi Pascapanen dan Pengolahan Buah Pisang. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Dalam seminar Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian, Bogor.
- Putri, V. I, dkk. 2017. Pemberian Beberapa Jenis Biochar Untuk Memperbaiki Sifat Kimia Tanah Ultisol dan Pertumbuhan Tanaman Jagung. *Jurnal Agroekoteknologi*. Vol. 5. No. 4. Hal. 824-828.
- Sastrohamidjojo, H. 2014. *Kimia Organik dasar*. Yogyakarta: UGM
- Shi, J, dkk. 2019. Removal of lead by rice husk biochars produced at different temperatures and implications for their environmental utilizations. *Chemosphere*. Hal. 825-831.

- Syuhadah, N dan Rohasliney, H. 2012. Rice Husk as Biosorbent: a review. Health and Environmental Journal. Vol. 3 No. 1. Hal. 15-24.
- Tan, X, dkk. 2015. Application of Biochar for the Removal of Pollutants from Aqueous Solutions. *Chemosphere*. Vol. 125, Hal. 70–85.
- Uchimiya, M, dkk. 2011. Screening Biochars for Heavy Metal Retention in Soil. *role of oxygen functional groups. J. Hazard Mater.* Vol. 190. Hal. 432-441.
- Xu X, Y. 2015. *The Sorption and Transformation of Inorganic Contaminants by Biochars and the Underlying Mechanisms*. China: Shanghai Jiao Tong University.